

Eixo Temático ET-07-003 - Tratamento de Efluentes Sanitários e Industriais

## **TRATAMENTO DAS ÁGUAS CINZA POR FILTRAÇÃO EM FILTRO DE LEITO FIXO POROSO E CARVÃO ATIVADO PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE CARUARU-CEACA**

Marcelo Valentim de Sousa Lima<sup>1</sup>; Maria Gabriela da Silva Cavalcanti<sup>2</sup>; Luiz Gonzaga de Souza Cabral<sup>3</sup>; Fábio de Melo Resende<sup>4</sup>, Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES), Caruaru-PE. E-mail: marcelolima\_70@hotmail.com; <sup>2</sup>Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE. E-mail: mgaby.eq@gmail.com; <sup>3</sup>Associação Caruaruense de Ensino Superior, Caruaru-PE. E-mail: luizgonzagacabral@yahoo.com.br; <sup>4</sup>Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira, João Pessoa-PB. E-mail: fabiomresende@ig.com.br; <sup>5</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Paulo Afonso, Bahia. E-mail: luiz.cavalcanti@ifba.edu.br.

### **RESUMO**

O processo crescente de desenvolvimento urbano e industrial tem contribuído com impactos ambientais significantes nos recursos hídricos afetando diretamente a população de um modo geral e o meio ambiente. Com a crise hídrica instalada no país, a comunidade científica tem intensificado os estudos sobre técnicas de tratamento e reuso da água. Nesse sentido o presente trabalho visa a apresentar uma opção de reuso das águas cinza produzidas na Central de Abastecimento de Caruaru (CEACA) para fins não potáveis. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos (pH, Turbidez, Cor e Sólidos Totais) das águas cinza coletadas na CEACA, onde seus valores foram avaliados antes e após um processo de filtração com filtro de leito fixo poroso e carvão ativado. Os resultados mostraram-se aceitáveis conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 430/11, indicando que os efluentes tratados podem ser reutilizados para fins não potáveis, bem como, serem descartados nos cursos hídricos, sem que haja impacto significativo ao meio ambiente. Estes parâmetros apresentaram índices de reduções significativas que demonstra a eficiência do processo utilizado.

**Palavras-chave:** Reuso de Águas; Águas Cinza; Filtração.

### **INTRODUÇÃO**

A redução dos recursos hídricos disponíveis está relacionada ao crescimento populacional, ao aumento da produção industrial e devido às mudanças climáticas. A diminuição dos volumes pluviométricos acarreta a redução da diluição dos efluentes domésticos, agrícolas e industriais que chegam aos reservatórios, favorecendo os processos de eutrofização. Tais efluentes têm em sua composição majoritariamente compostos ricos em fósforo e nitrogênio que favorecem a proliferação de cianobactérias que liberam substâncias tóxicas que impedem a entrada dos raios solares nas camadas mais profundas do reservatório e como consequência suprimem grande parte do

oxigênio que mantem o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (ALMEIDA e BENASSI, 2015).

Em relação às questões ambientais atuais, a crescente demanda hídrica não é o único problema que necessita de atenção urgente. O correto direcionamento dos resíduos sólidos mostra-se como um grande desafio a ser encarado e debatido, uma vez que, muitas vezes tais resíduos são descartados de maneira incorreta em rios, lagos e praias, sendo necessário um amplo processo intervenção local para reverter tal cenário (SOARES e SANTOS, 2014).

Historicamente a crise hídrica que perdura na região Nordeste por anos, atingiu cronicamente em 2014 e 2015 a região Sudeste do Brasil, que é basicamente composta por Estados densamente povoados e pouco habituados com manejos de conservação e aproveitamento da água. Em face ao cenário crítico instaurado, uma forma de reduzir as demandas urbanas de água é estabelecer estratégias de gestão descentralizadas como Sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reuso de águas cinza (SANT'ANA et al., 2013).

Devidamente apoiada na definição de sustentabilidade e do conceito de conservação da água encontramos o reuso de águas cinza para fins não potáveis. Estes sistemas de reuso devem ser adequadamente concebidos levando em consideração alguns critérios: a) Segurança higiênica; b) Estética; c) Proteção ambiental e; d) Viabilidade técnica e econômica. As águas cinza para fins de reuso encontram diversas aplicações atualmente para fins não-potáveis como descarga em vasos sanitários, lavagens de pisos, calçadas e pátios, irrigação de jardins, desde que devidamente tratadas e que sua utilização não ofereça riscos à saúde dos usuários (BORGES e MORAES, 2013).

A Central de Abastecimento de Caruaru (CEACA), localizada na Rod. BR 104, s/n, km 70. Vinculada ao Gabinete do Prefeito Municipal, foi criada em 26 de dezembro de 1990 através da Lei nº 3.354, sob a forma de empresa pública, de personalidade jurídica de direito privado. Com movimento superior a 1.200 toneladas/mês gerando aproximadamente 5.000 empregos incluindo os diretos e indiretos no setor de abastecimento básico alimentar da população.

A filtração é uma operação unitária utilizada em processos de separação de sólidos de suspensões líquidas e para separação de partículas sólidas de gases (GAUTO, 2011). Ocorrendo através do escoamento pelo meio poroso, constituído por areia, carvão ou outro material granular. A suspensão quando forçada através do leito, retém o sólido no meio filtrante, formando um aglomerado de sólidos denominado torta, a medida que se vai filtrando esta camada tende a aumentar sua espessura O líquido que passa através do leito é denominado filtrado (FOUST et al., 2010). A equação de Poiseuille permite calcular o fluxo de um fluido em regime laminar em um tubo (Equação 1).

$$\frac{-\Delta P}{L} = \frac{32\mu v}{D^2} \quad (1)$$

Onde:  $-\Delta p$  é a pressão ( $N/m^2$ ),  $v$  é a velocidade linear do fluido no tubo (m/s),  $D$  é o diâmetro (m),  $L$  é o comprimento (m) e  $\mu$  é a viscosidade cinemática do fluido (Pa.s).

Partindo-se da Equação de Poiseuille, pode-se chegar a equação geral da filtração (Equação 2) que servirá de base para obtenção dos principais parâmetros envolvidos na operação unitária de filtração.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\mu\alpha C_s}{A^2(-\Delta P)}V + \frac{\mu}{A(-\Delta P)}R_m \quad (2)$$

Onde:  $C_s$  é a concentração da suspensão ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\alpha$  é a resistência específica da torta ( $\text{m/kg}$ ),  $R_m$  é a resistência ao fluxo no meio filtrante ( $\text{m}^{-1}$ ).

A Equação 2 pode ser escrita na forma de equação de reta conforme apresentado na Equação 3.

$$\frac{t}{V} = \frac{Kp}{2}V + B \quad (3)$$

## OBJETIVO

Estabelecer uma alternativa de reuso das Águas Cinza (AC) aplicando o tratamento pelo processo de filtração e adsorção, com a caracterização através do controle de análise dos parâmetros físico-químico de AC e sua geração de oferta para suprimento da demanda na sua destinação final, como reuso não potável na Central de Abastecimento de Caruaru-CEACA.

## METODOLOGIA

### Delineamento

O projeto foi desenvolvido através de estudo analítico experimental dividido em etapas onde, levou-se em consideração os aspectos de: a) caracterizar as Águas Cinza (AC) através das análises dos parâmetro físico-químicos; b) o desempenho do processo de filtração pelo filtro de leito fixo poroso e carvão ativado; c) pela técnica de amostragem de estatísticas e método de seleção aleatório. O período compreendido para avaliação foi agosto de 2014 a maio de 2015.

As amostras foram coletadas em recipientes plásticos com padronizações conforme o local de coleta, no chuveiro foi colocado uma bacia para coleta das AC e, posteriormente, levado a uma bombona de 5 L, nas pias foram colocadas bombonas de 5 L diretamente no cano de saída das mesmas. As coletas foram realizadas uma vez por dia, misturados formando um lote, uma vez por semana no período compreendido para o estudo.

As análises foram executadas no laboratório de química da Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES). As amostras foram avaliadas em tréplica das análises para aumentar confiabilidade dos resultados obtidos, em função de contaminação ou qualquer outra alteração. Os locais de coleta de amostra foram os banheiros para uso público situados na Central de Abastecimento de Caruaru (CEACA). Por se tratar de uma entidade municipal foi solicitada uma carta de anuência para as devidas coletas para análise dos parâmetros físico-químicos.

### Determinação dos parâmetros físico-químicos

**pH.** Foram avaliados os valores do pH para água bruta (AB), água cinza bruta (ACB) e água cinza filtrada (ACF), de acordo com os procedimentos indicados pelo Standards Methods (EATON et al., 2005) código 4500 H<sup>+</sup> B. Com o auxílio de um pHmetro, marca Quimis, modelo Q400AS.

**Turbidez.** O procedimento para análise da turbidez das AB, ACB e ACF, foi realizado através do método nefelométrico com o auxílio de um turbidímetro, marca DEL LAB, modelo DLM-2000. Seguindo as recomendações do Standards Methods (EATON et al., 2005) código 2130B.

**Cor aparente.** As medidas de cor aparente das águas de lavagem foram realizadas por leituras de absorvância, medidas em espectrofotômetro de UV (Spectrophotometer SP2000UV, Bel Photonics) calibrado com filtro de 460 nm (EATON et al., 2005).

**Sólidos totais.** Os sólidos totais foram determinados conforme recomendação do Standards Methods (EATON et al., 2005), código 2540B.

### Protótipo do filtro de leito fixo poroso

O protótipo de um filtro de leito fixo poroso (LFP) em escala piloto descendente foi concebido artesanalmente, através da utilização dos seguintes materiais: um tubo de PVC de diâmetro 100 mm por 1,0 m de altura; tubos e conexões de PVC de 25 mm; material granular brita 19 e 25, areia lavada e carvão ativado, cada camada com 10 cm de altura. As massas das respectivas camadas foram medidas separadamente. Foram medidos os tempos de filtração para os volumes na faixa de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0L de águas cinza. A partir dos resultados obtidos foi construído um gráfico de  $t/V$  versus  $V$  e utilizando a técnica de regressão linear. Os parâmetros apresentados na Equação 3 foram determinados. Com o auxílio das Equações 1 e 2 foram obtidos os parâmetros de projeto do protótipo de filtro de leito fixo poroso.

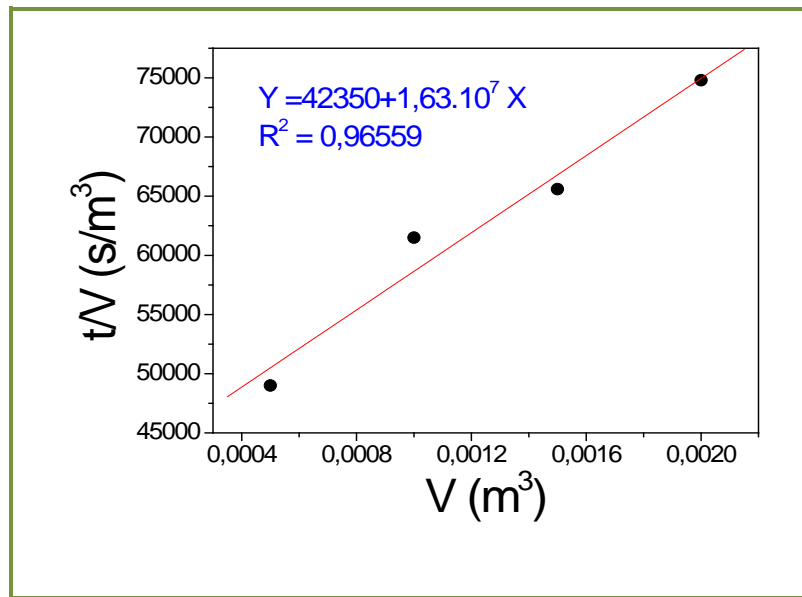
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de água cinza bruta foram filtradas no protótipo de filtro de leito fixo sendo determinado o tempo de filtração ( $t$ ), o volume filtrado ( $V$ ) e a velocidade ( $v$ ) que o fluido atravessa o leito poroso (Tabela 1).

**Tabela 1.** Parâmetros do processo de filtração das águas cinza.

$t$ (s)	$V \times 10^3$ (m <sup>3</sup> )	$t/V$ (s/m <sup>3</sup> )	$V$ (m/s)
24,500	0,500	49,000	0,041
61,500	1,000	61,500	0,016
98,400	1,500	65,600	0,010
149,600	2,000	74,800	0,007

Partindo-se dos dados obtidos através da Tabela 1 foi possível construir a Figura 1.



**Figura 1.** Gráfico de  $t/V$  versus  $V$ .

Ao observar a Figura 1, constata-se que há uma boa correlação entre os valores de  $t/V$  e  $V$ , confirmada pelo coeficiente de correlação ( $R^2$ ) com valor superior a 0,96. Os dados obtidos a partir da regressão linear da Figura 1 associados as Equações 1, 2 e 3 foram utilizados para determinação dos parâmetros de projeto do filtro de leito fixo do presente trabalho (Tabela 2).

**Tabela 2.** Parâmetros de projeto do filtro de leito fixo poroso.

Parâmetro	Valor Obtido	Unidade	Equação/Figura
$-\Delta p$	58,790	(N/m <sup>2</sup> )	Equação 1
$v$	0,019	m/s	Equação 2
$C_s$	0,478	kg/m <sup>3</sup>	Equação 2
$K_p$	$4,000 \times 10^{-5}$	s/m <sup>6</sup>	Figura 1
$B$	0,042	s/m <sup>3</sup>	Figura 1
$\alpha$	$3,050 \times 10^{-7}$	m/kg	Equação 2
$R_m$	0,020	m <sup>-1</sup>	Equação 2

Os baixos valores obtidos nos parâmetros de projeto obtidos para  $K_p$ ,  $\alpha$  e  $R_m$  eram esperados, uma vez que, as AC apresentam baixos teores de sólidos dispersos por unidade de volume. A Tabela 3 apresenta os parâmetros físico-químicos para as AB, ACB e ACF.

**Tabela 3.** Parâmetros físico-químicos para água bruta (AB), água cinza bruta (ACB) e água cinza filtrada (ACF).

Parâmetro	Amostra		
	AB	ACB	ACF
pH	6,65	8,21	8,15
Turbidez (NTU)	2,48	106,80	35,20
Cor (UC)	29,00	189,00	55,00
Sólidos Totais (mg/L)	137,00	280,00	120,00

Os resultados obtidos após o processo de filtração demonstraram que a ACB apresentou um pH alcalino, tal comportamento, já esperado devido a composição de tais efluentes possuírem sabões, detergentes entre outros compostos dissolvidos. A redução nos valores do pH para ACF não foi significativa, porém o efluente obedece os limites estabelecidos na legislação vigente. A presença de sabões, detergentes e shampoo interferem substancialmente nos parâmetros cor e turbidez das ACB deixando o efluente fora do que determina a Resolução CONAMA nº 430/2011, porém ao serem filtradas com o auxílio do protótipo seus valores foram significativamente reduzidos, deixando as ACF em condições de reuso como lavagens de piso, reutilização em descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins no prédio da CEACA.

## CONCLUSÃO

As águas cinza do presente trabalho, águas derivadas dos banheiros masculinos (chuveiros e pias) da Central de Abastecimento de Caruaru, as mesmas antes de passarem pelo processo de filtração poderiam ser lançados diretamente nos corpos receptores por apresentarem os parâmetros físico-químicos aceitáveis, exceto o parâmetro cor, antes do tratamento por extrapolar os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/11 onde estabelecem os limites para lançamentos dos efluentes em corpos d'água. Após tratamento verificamos uma significativa redução nos índices comparados entre as águas cinza bruta (ACB) e as águas cinza filtrada (ACF), demonstrando que o processo de filtração utilizado neste trabalho, mostrou-se eficiente melhorando a qualidade dos efluentes para fins reuso.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. L., BENASSI, R. F. Crise hídrica e de energia elétrica entre 2014-2015 na região Sudeste. **Revista Hipótese**, v. 1, n. 2, p. 65-76, 2015.

BORGES, A. V.; MORAES, A. F. Edifícios Públicos: Caminhos para a Concepção de Projetos Sustentáveis. 6º PROJETA, O Projeto como Instrumento para a Materialização da Arquitetura: ensino, pesquisa e prática Salvador, 26 a 29 de novembro de 2013.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E.; FRANSON, M. A. H. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2005.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípios das operações unitárias**. 2. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2010.

GAUTO, M. A. R. **Processos e operações unitárias da indústria química**. Rio De Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água. **Paranoá**, Brasília, n. 10, p. 77-84, 2013.

SOARES, C. F.; SANTOS R. R. **Exercitando a educação ambiental através da coleta seletiva de lixo nas escolas**. Brasília: Universidade de Brasília, 2014 (Trabalho de Conclusão de Curso em Educação na Diversidade e Cidadania).